

**USO DE MICROORGANISMOS DA RIZOSFERA PARA O AUMENTO E MELHORAMENTO DAS COLHEITAS****USO DE MICROORGANISMOS DA RIZOSFERA PARA O MELHORAMENTO DAS COLHEITAS**AUTOR: André Pedro Júnior<sup>1</sup>DIRECCIÓN PARA CORRESPONDENCIA: [roinuj14@outlook.pt](mailto:roinuj14@outlook.pt)

Fecha de recepción: 24-01-2015

Fecha de aceptación: 12-03-2015

**RESUMO**

Este trabalho tem o seguinte objectivo geral: descrever a fixação biológica do nitrogénio pelas bactérias da rizosfera, um sistema ecológico e economicamente rentável para a produção agrícola. Usaram-se métodos teóricos e empíricos (observação), tratando-se de um estudo descritivo exploratório. As observações foram feitas durante os anos agrícolas 2005, 2006, e 2007 no pátio do ISCED onde pequenos agricultores faziam o cultivo de milho e feijão numa área de 50 m<sup>2</sup> na mesma porção de terra, anos seguidos sem a utilização de qualquer fertilizante. São discutidos os insumos para a produção agrícola principalmente nas monoculturas, os efeitos ambíguos dos fertilizantes artificiais bem como o desempenho das leguminosas no aspecto fito sanitário do solo. Esta pesquisa permitiu ao Autor concluir que “a inoculação das sementes para o cultivo é um método necessário, para os solos tropicais e que deve ser usado também em Angola”.

**PALAVRAS-CHAVE:** Aumento das colheitas; estabilidade da fertilidade; inoculação das sementes.

**USE OF RHIZOSPHERE MICROORGANISMS FOR INCREASING AND IMPROVEMENT OF CROPS****ABSTRACT**

This report themed use of rhizosphere's microorganisms, appear as main target to achieve the following general goal, to describe the fixation of the nitrogen by bacteria, an ecologic system, and economics' profitable agricultural production. Therefore were used theoretical and empirical methods such as (observation). Considering the study which descriptive and exploratory. The observations were made during agricultural years 2005, 2006, and 2007 in HICED yard whereby few people use to cultivate maize and beans together, with any fertilizer all over the time. In the theoretical part it takes about the need of land care and some doubtful effects of fertilizers as well as the effect of green plants in the maintenance of soils. So, this allowed concluding that the inoculation of seeds is a trustworthy method for cultivation in the tropics and may be used also in Angolan agriculture.

**KEYWORDS:** improvement of harvest; fertility stabilization; inoculation of seeds.

---

<sup>1</sup> Docente. Assistente Estagiário. Departamento de Ciências da Natureza. Instituto Superior de Ciências de Educação; Huambo, ANGOLA.

## INTRODUÇÃO

A fome, a nudez e a doença, convivem com o homem desde a antiguidade. E com as desigualdades sociais tem-se degradado muito mais a qualidade de vida em quase todo mundo, particularmente nos países “economicamente atrasados”. Entretanto a agricultura intensiva provocou o alcance de grandes cifras na produção agrícola de cereais de grão, de leguminosas de grão, hortícolas, forragens, etc. Debilitando o fenómeno socioeconómico fome, o que só foi possível com a utilização de adubos artificiais.

Os grandes centros de produção agrícola: EUA e UEE, atingem estes níveis de produção, pelo seu grande desenvolvimento tecnológico e uma economia robusta capaz de produzir recursos e energia para a agricultura. Usam-se adubos artificiais particularmente de nitrogénio que quase sempre têm um efeito espectacular no desenvolvimento vegetal. O nitrogénio é um elemento imprescindível às plantas ao desempenhar funções que asseguram o crescimento e o desenvolvimento. Porém, para além dos benefícios acarreta prejuízos para o homem e a biosfera. A produção de adubos nitrogenados implica muitos gastos, e nem todos os países podem sustentar a produção, armazenamento e distribuição deste produto. Conduzem também à perdas e libertação de substâncias nitrogenadas para o meio. Infligem ao ambiente enormes prejuízos. Entretanto em muitos países do mundo realizam-se e intensificam-se cada vez mais pesquisas com microrganismos que viabilizam a redução dos altos custos da produção agrícola. Incluindo o melhoramento da nutrição mineral das culturas. Estes microrganismos têm a capacidade de fixar o nitrogénio molecular, sobretudo com plantas superiores. A este tipo de relação define-se como fixação biológica do nitrogénio (FBN). O mesmo permite uma produção de alimentos 10-50 vezes mais barata e equilibrada (Vieira&Álvarez 2012, Vorobeikov 1998a: p. 3) sem efeitos nocivos tanto para a saúde do homem e dos animais como para o meio ambiente. É assim que nos propusemos descrever a actividade bacteriana (FBN) que pode oferecer rendimentos económicos interessantes à agricultura,

### *Antecedentes*

Nos países da região tropical onde se localiza Angola. A poluição do meio com produtos de origem antrópica não constitui ainda um problema sério. Sendo limitações e que constituem problemas candentes o deficit de energia disponível para produção agrícola, transporte, armazenamento e escoamento dos produtos e o empobrecimento dos solos em nutrientes pelas características edafoclimáticas da região. Segundo Ivontchik (1989 pag.92) o camponês angolano pratica a agricultura primitiva, desde os tempos mais remotos, pois quase não influi na fertilidade dos solos. Nesta região este sistema de agricultura ajusta - se ao clima tropical de Angola. A agricultura é sujeita à erosão e, portanto menos apropriada para agros ecossistemas baseados em uso intensivo de fertilizantes (Dobereiner 1989). Por outro lado oferece humidade e temperaturas óptimas durante todo ano para a actividade microbiológica. Como insuficiência na utilização dos micróbios como via de fornecimento de nitrogénio assimilável às plantas é que muito pouco dos conhecimentos adquiridos nesta área estão sendo usados pelos camponeses da maioria dos países subdesenvolvidos (Vieira & Álvarez 2012 p. 20, Vorobeikov 1998a) Portanto a investigação científica sobre sistemas alternativos que asseguram produzir alimentos em grande escala é uma mais valia factível e tangível. Na actualidade em muitos países do mundo intensificam-se as pesquisas com microrganismos que viabilizam a redução dos altos custos da produção agrícola, incluindo o melhoramento da nutrição mineral das plantas. Por a FBN fornecer as plantas o nitrogénio e outros nutrientes bem como substâncias fisiologicamente activas que estimulam o crescimento e o rendimento (incentivo a produtividade).

Por conseguinte formulamos o seguinte problema científico. Como aumentar os níveis produtivos da mistura milho-feijoeiro sem destruir a estabilidade da fertilidade, em solos pobres em nutrientes?

Para este trabalho se teve em conta a revisão de bibliografia especializada no tema o que permitiu comprovar as contradições entre a prática de uso de adubos minerais para o aumento da produtividade vegetal e os seus resultados (ambíguos); determinar o sistema agrícola que melhor responde a sustentabilidade agrícola do País. E daí o nosso conhecimento. Foram também feitas observações à um cultivo durante os anos agrícolas 2005, 2006, e 2007 no pátio do ISCED onde pequenos agricultores faziam o cultivo de milho e feijão numa área de 50 m<sup>2</sup> na mesma porção de terra, anos seguidos sem a utilização de qualquer fertilizante.

## DISCUSSÃO

### *Produtividade e fertilizantes*

A fertilidade é a aptidão do solo de abastecer as plantas com elementos nutritivos, água, etc. E, portanto sendo assim ela é a base para rendimentos elevados. As plantas para sintetizar as substâncias de que necessitam a partir de compostos minerais muito simples necessitam de vários elementos minerais. Como sendo nitrogénio N, fósforo P, potássio K, o cálcio Ca, manganês Mn, o zinco Zn, o cobre Cu, o boro B, o molibdénio Mo e etc, (Santos 1995, Tretiakov, Iagodin & Tulikov 1998, Varennes 2003), que consoante as necessidades da planta se agrupam em macro, e micro nutrientes. Estes entram na composição de várias substâncias orgânicas como os ARN, ADN, os pigmentos, proteínas, fito hormonas, vitaminas, alcalóides etc, que desempenham diversas funções vitais para a planta no seu ciclo vegetativo e reprodutivo. Para além do carbono (C), oxigénio (O) e hidrogénio (H), fornecidos às plantas, através do ar e da água, pelo que sofrem pouca influência do homem salvo em casos particulares. Entretanto o nitrogénio assume-se de particular importância para a vida dos seres vivos, pois desempenha importantes funções fisiológicas. Nas plantas compõe a clorofila que tem uma acção agressiva de estímulo no crescimento e desenvolvimento. Faz parte também de outras substâncias influentes com muitas funções biológicas na planta (as proteínas) etc. No solo o nitrogénio encontra-se principalmente nas formas orgânica, amoniacal e nítrica. A forma orgânica nos resíduos e no húmus é utilizada após a sua mineralização.

Este processo durante o ano não é constante e a sua variação depende do tipo de terreno e da temperatura. Nos solos angolanos não ocorre um enriquecimento substancial dos solos em matéria orgânica, pois os ritmos da sua decomposição sobrepõem - se a sua acumulação (Ivontchik 1989 pág. 55). De qualquer modo é a forma orgânica a principal reserva de nitrogénio do solo. A forma amoniacal “amonião (NH<sub>4</sub>)” pode sofrer diversos destinos nos solos (Santos 1995, Varennes 2003, Vieira & Álvarez 2012 p.7). É uma na qual o nitrogénio é absorvido pelas plantas e energeticamente menos dispendiosa (Santos 1995, Tretiakov et. al. 1998), e não ocasiona acumulação de nitratos, que representa perigo para saúde humana. Nos solos, após conversão em nitrato é o responsável pela nutrição nitrogenada da grande maioria das plantas. Porém se volatiliza para a atmosfera sob a forma de NH<sub>3</sub>, sobretudo perto da superfície do solo (alcalino) sob temperatura alta, este fenómeno será prejudicial (Marino, Munarini & Cara Pierlugi 1991, Santos 1995, Vieira & Álvarez 2012 p.7), em termos quer agronómicos, como ecológicos devido as chuvas ácidas que se irão produzir. No entanto, o nitrogénio e outros minerais veiculados às plantas em diversas composições são de grande importância para a vida destas, uma vez constituírem factor determinante para o crescimento, desenvolvimento e

produtividade da planta. Na actualidade “dias da agricultura intensiva” as reservas de nitrogénio particularmente nos solos angolanos são insuficientes para suportar os ritmos de produção que o mercado exige (Ivontchik 1989, Marino et. al. 1991).

Para melhorar a fertilidade dos solos, e a consequente elevação das colheitas particularmente as monoculturas é contemporâneo o uso de adubos artificiais, e como o afirma Vorobeikov (1998a) “O bem - estar da humanidade assenta no uso de grandes doses de adubos minerais de nitrogénio” (p. 3). Os países industrializados gastam avultadas somas em recursos na produção destes adubos (Varenes 2003, Vieira&Álvarez 2012 p.8, Vorobeikov 1998a p. 8). A Produção é efectuada pelo processo de Haber-Bosch e consome urna grande quantidade de gás natural e electricidade. O processo ocorre a alta temperatura e pressão sob catalisadores inorgânicos.

Tabela 1. Gastos em matéria-prima e energia na produção de 1ton. de amoníaco (adaptado de Vorobeikov G.A.1998a)

Matéria – prima e energia	Unidade de medida	Indicador	
		Natural	Em gdj
Gás natural	M <sup>3</sup>	718,4	26,51
Oxigénio	M <sup>3</sup>	147,0	0,59
Energia eléctrica	Kwt/h	70,1	0,71
Água desmineralizada	Ton.	2,41	0,35
Água gelada	Ton.	195	0,63
Total			28,8

Mas adicionam-se a estes, outros gastos complementares para a efectivação da produção agrícola utilizando adubos industriais para colher mais. Nomeadamente com a produção de pesticidas, com óleos e combustíveis, com a mão - de obra, e outros gastos o que perfaz cerca de um quarto da energia utilizada na agricultura (Vieira&Álvarez 2012 p.8, Vorobeikov 1998a).

As altas doses de nitrogénio aplicadas no solo pela sua acção espectacular no desenvolvimento vegetal, têm diversos destinos. A sua biodesponibilidade pode acarretar um consumo de luxo pelas plantas pelo que se acumulam nitratos nos vegetais. Pode ainda aumentar o teor de amidos ou de aminoácidos livres (também prejudiciais a saúde dos consumidores), uma diminuição de lisina (aminoácido essencial com grande valor biológico), (Santos 1995). Por outro lado podem alterar a reacção fisiológica do solo tornando-a ácida o que destrói a substância orgânica determinante para formação do húmus. Ademais a agricultura tropical não só é sujeita á erosão e, portanto, menos apropriada para agros sistemas baseados em uso intensivo de fertilizantes, ela ainda oferece humidade e temperaturas óptimas durante todo o ano para a actividade microbiológica (Dobereiner 1989, Varenes 2003).

Estas considerações elucidam - nos que o uso irracional dos adubos industriais particularmente de nitrogénio. Proporcionam boas colheitas, mas incentivam as pragas que exigem o uso de pesticidas, que também só por si poluem o ambiente. As colheitas não obstante mais abundantes são muitas vezes de baixa qualidade pela toxicidade com produtos perigosos para à saúde. Por outro lado podem apresentar baixo teor de substâncias dietéticas essenciais (aminoácidos),

esobretudo um custo elevado do produto final.

Importante é que a utilidade de qualquer sistema de fertilização deverá atingir os seguintes objectivos:

- Aumento das colheitas agrícolas e melhoramento da sua qualidade;
- Crescimento e gradual estabilidade da fertilidade dos campos;
- Aumento dos ritmos de intensificação da agricultura e efectiva utilização dos fertilizantes e preservação do ambiente a custos baixos.

#### *Tipos de interacção bactérias - plantas*

O ar atmosférico é constituído por 79% de nitrogénio molecular (Aquarone, Borzani, Lima & Almeida 1975, Tretiakov et. al. 1998). As plantas não obstante banharem-se neste oceano de nitrogénio, não têm capacidade de absorver este gás pela sua baixa reactividade molecular. Estima-se que a coluna de nitrogénio sobre uma superfície de terra de cerca de 1hec. suporta 80 mil ton. de nitrogénio, quantidade que permite colher 30 quintais de trigo durante centenas de milhares de anos (Vorobeikov 1998a). Algumas bactérias do solo para síntese das substâncias de que necessitam, utilizam o ar atmosférico como fonte de nitrogénio, ligando-o à outros elementos. Os micróbios excretam então substâncias para o meio entre as quais nitrogenadas. Depois da sua morte, com a mineralização, o nitrogénio em forma amoniacal fica à dispor das plantas. Por outro lado a planta pode receber directamente nitrogénio assimilável quando forma simbiose com bactérias do tipo *Rizobium*. Sendo neste caso mais significativa a quantidade de nitrogénio que recebe a planta, cerca de 90% da quantidade fixada pelas bactérias (Vieira&Álvarez 2012, Vorobeikov 1998a). Os micróbios que fixam o nitrogénio molecular com valor agronómico estão subdivididos em três grupos segundo o modo de sobrevivência:

1. Microorganismos simbióticos;
2. Microorganismos da rizosfera e filosfera. Formam associações com diferentes plantas;
3. Microorganismos de vida livre, (Aquarone et al 1975, Varennes 2003, Vorobeikov 1998a p. 7 ,).

Tal como a fixação industrial, a FBN também consome grandes quantidades de energia. As formas energéticas utilizadas pelos micróbios provém dos produtos fotossintéticos elaborados pelas plantas, portanto existe uma proporcional reciprocidade entre a fotossíntese e a FBN, podendo então estes dois importantíssimos processos biológicos constituir o sistema de nutrição mineral das culturas.

#### *Fixação Simbiótica do Nitrogénio Molecular*

Alguns micróbios vivem em simbiose com plantas superiores. Este facto tem grande impacto no crescimento e acumulação de substâncias nitrogenadas na planta. Na bibliografia são descritas cerca de duas centenas de espécies de plantas não leguminosas, árvores ou arbustos. Entre estes o alnus, a elaeagnus, e a casuarina. Mas, dentre os rncrossimbiontes com valor agronómico, destaca-se as bactérias que infectam as plantas leguminosas e com as quais vivem em simbiose. Estas bactérias subdividem - se em *Rhizobium* e *Bradyrhizobium*,

Estas espécies entram em simbiose apenas com leguminosas específicas, Uma estirpe só pode infectar plantas da mesma espécie de que foi isolada ou algumas espécies afins. Sendo todas estas

chamadas de grupo de inoculação cruzada. Por exemplo, o *Rhizobium phaseolis* infecta o feijoeiro e não tem capacidade de infectar outra planta por exemplo a ervilha ou outra qualquer planta leguminosa. Segundo Aquarone et al (1975), existem seis grupos de inoculação cruzada: *R. leguminosarum*; *R. phaseolis*; *R. meliloti*; *R. trifolii*; *R. lupini*; *R. japonicum* (p.). As propriedades simbióticas no *Rhizobium* são controladas por um conjunto complexo de genes, chamados de Sym - genes. Estes determinam várias propriedades entre as quais a virosidade, capacidade fixadora, especificidade para o microsimbionte, genes que determinam a formação dos nódulos, que se chamam, nod-genes, etc. A eficácia das estirpes em entrar em simbiose pode-se definir como a capacidade do *Rhizobium* infectar a planta e fixar nitrogénio molecular suficiente para satisfazer as suas necessidades neste elemento. Se a estirpe não é eficiente, podem-se produzir grande número de nódulos pequenos nos quais não ocorrerá uma fixação adequada de nitrogénio tornando-se o *Rhizobium* num parasita. Mas esta simbiose é uma mais-valia quando efectiva, pois permite enriquecer 1 ha. de terreno com 250-350 Kgs de nitrogénio / ano (B. E. Slovar 1999). Mas os efeitos positivos deste processo não se resumem apenas no enriquecimento em nitrogénio. O cultivo de leguminosas, à posterior proporciona ao terreno outros benefícios. O seu impacto é notório no estado fito sanitário do solo. Por outro lado as leguminosas constituem excelentes precedentes das culturas cerealíferas e etc, (Ivontchik 89). Em consequência da, sua acção sobre o solo há um aumento da produtividade de cerca de 15-30%, o que equivale a utilização de cerca de 30-50 Kgs de adubos minerais de nitrogénio (Vorobeikov 1998a). Para efectividade da FSN, um importante método utilizado é a inoculação das sementes das leguminosas antes do plantio com estirpes de *Rhizobium* que fixam activamente o nitrogénio do ar. Em muitos países da UEE, da América do Sul, na Índia e na China este método é obrigatório na sementeira de leguminosas. Esta actuação permite utilizar de forma mais rentável e racional as capacidades das estirpes mais activas na fixação do nitrogénio. Ademais maior poderá ser o rendimento quando se conjugar aquelas com espécies de plantas leguminosas com alta eficiência fotossintética. A fixação activa do nitrogénio ocorre naqueles nódulos que contêm coloração rosa ou vermelha como consequência do pigmento legmoglobina - hemo proteína transportadora do oxigénio. A presença da legmoglobina é indicadora de uma fixação eficiente de nitrogénio. Este processo de fixação é aeróbio. O oxigénio é utilizado na oxidação dos hidratos de carbono. A glucose, a fructose, a sacarose e o ácido málico são as principais presumíveis fontes de energia utilizadas, com libertação de ATP necessária para a fixação do nitrogénio. A planta recebe quase a totalidade do nitrogénio fixado nos nódulos. Os nódulos com coloração acinzentada ou verde não contêm legmoglobina. Nestes, o oxigénio inibe a actividade da enzima nitrogenase, logo ocorre uma fixação deficiente de nitrogénio por isso estamos perante uma fixação não eficiente.

#### *Fixação Associativa do Nitrogénio Molecular*

No solo em redor das plantas cerealíferas (rizosfera) vivem diversas espécies de micróbios. Aqui a planta faz a deposição das suas secreções através da raiz, bem como as suas partes mortas o que constitui a causa da grande concentração de bactérias. Este tipo de relação define-se como fixação associativa do nitrogénio (FAN) (Umarov 1986 como citado em Vorobeikov 1998a). A planta recebe estimulantes para o crescimento, desenvolvimento, nutrição mineral, resistência a acção patogénica de outros micróbios e insectos e incentivo a produtividade (Vorobeikov 1998b p.3).

Das espécies de estirpes conhecidas capazes de fixar o nitrogénio, as que mais se estudam são: o *Azospirillum lipoferum* adaptado as plantas tropicais com o tipo de fotossíntese C<sub>4</sub> (o milho, o

proço, o sorgo, e outras). E o *Azospirillum brasilense* mais comum nas plantas com o tipo de fotossíntese  $C_3$  (a batata rena, o trigo, a cevada, e outras espécies) Vorobeikov (1998a). As cerealíferas ao contrário das leguminosas têm um provimento de nitrogénio desta interacção com as bactérias, em menores proporções. Nas culturas cerealíferas incorpora-se cerca de 50-60% de nitrogénio fixado pelas bactérias (Vorobeikov 1998a) entretanto os microorganismos da rizosfera fornecem as plantas também outras substâncias biologicamente activas: vitaminas, hormonas e outras com efeito fungicida as quais são absorvidas pela raiz. Para aumentar as capacidades de fixação, a semelhança das leguminosas são preparados inoculantes com estirpes activas na fixação do  $N_2$  e com estes bacteriza-se as sementes antes do plantio (Aqarone et al 1975, Vorobeikov 1998b).

### *Microorganismos de Vida Livre*

Existem espécies bacterianas de vida livre no Solo como o *Azotobacter* e a *Beijerinckia* capazes de fixar o nitrogénio molecular. Estes micróbios não constituem habitantes da rizosfera, têm vida livre no solo longe do rizoplane zona circundante a raiz da planta. Experiências com o *Azotobacter* como inoculante de sementes forneceram no entanto resultados irrisórios, muitas plantas não oferecem boas condições para o crescimento da população destas bactérias. No entanto em outros casos foram obtidos níveis aceitáveis de FBN. Todavia a disparidade dos resultados permitiram concluir que o efeito positivo no desenvolvimento das plantas é, sobretudo consequência da acção das substâncias fisiologicamente activas das que o *Azotobacter* é um bom produtor, e não pela fixação do nitrogénio que é insignificante em termos agrónomicos 10-15 kgs/ ano (Aqarone et al 1975). Estas considerações elucidam-nos que as potencialidades das bactérias na agricultura não se resumem a fixação do nitrogénio. Deste modo podemos sublinhar que pesquisas com estas bactérias devem prosseguir para o melhor aproveitamento deste potencial - fornecimento do nitrogénio e outras substâncias necessárias a planta.

De um modo geral nos agroecossistemas as bactérias fornecem às plantas nitrogénio assimilável e outros nutrientes, substâncias fisiologicamente activas como vitaminas e fito hormonas. Estas considerações enfatizam que os nossos conhecimentos sobre os acontecimentos e condições que estão na base da simbiose e outras relações planta-bactéria devem ser cada vez mais aperfeiçoados, criando assim pressupostos para um aproveitamento mais racional da capacidade dos microorganismos de influir nos processos fisiológicos da planta através das substâncias que produzem durante este processo “FBN” e usufruir dos benefícios económico-ecológicos que é o binómio que geram.

### *Utilização de Biofertilizantes na Agricultura*

As bactérias da rizosfera fornecem a planta não apenas nitrogénio. O espectro da sua acção vai mais além, pela raiz sobem também outros nutrientes e substâncias fisiologicamente activas. Estirpes como os *Bacillus polymyxa*, *B. megaterium*, *Pseudomonas fluorescens*, *P. putida*, *Agrobacterium radiobacter*, todos fixadores do nitrogénio, mobilizam o fósforo de formas não acessíveis as plantas “organismos solubilizadores” (Vieira & Álvarez 2012 p.20) como, por exemplo, das substâncias orgânicas fosfatadas. É característico do *Pseudomonas* a produção de sideróforos que facilitam a absorção do ferro, tornando este deficitário para as bactérias patogénicas no rizoplane (Vorobeikov 1998b). O fornecimento de nitrogénio garante um bom desenvolvimento da planta com um robusto e bem ramificado sistema radicular que permite buscar água e nutrientes em pontos mais afastados. É de referir ainda a acção das bactérias no incentivo da produção de prolina aminoácido que intervém na contenção de água nas células.

Entre muitos micróbios do solo como o *Azotobacter*, *Azospirillum*, também o *Rizobium* possui alta capacidade de síntese de substâncias fisiologicamente activas como hormonas, as citoquininas e auxinas que têm intervenção preponderante no crescimento da planta. Está também esclarecida a eficiência do *Rizobium* em fornecer vitaminas tais como a cianocobalamina, os ácidos pantoténico e nicotínico, riboflavina e peridoxina. Todos estes acontecimentos reflectem-se positivamente no desenvolvimento da planta, obtendo uma ampla superfície foliar o que conduz a uma boa produção reflexo do alto poder fotossintético. Estas considerações elucidam-nos para novas perspectivas sobre o uso dos biofertilizantes na agricultura nacional. Com base nestes conhecimentos é cada vez mais crescente a inoculação de sementes das culturas, antes da sementeira, com preparados de microrganismos fixadores de nitrogénio.

Em alguns países da Europa, e da Ásia, este método é obrigatório, uma vez que eleva a efectividade da simbiose e melhora o fornecimento de bio nitrogénio à planta. Na base de qualquer inoculante (biofertilizante) está o estame (do alemão- tronco, fundamento, família) - cultura de bactérias com a mesma origem e características estáveis. Certos estames de um mesmo tipo de bactérias diferem nas propriedades físico-bioquímicas: intensidade de fixar o nitrogénio, Infeciosidade, sensibilidade a antibióticos e outros (Vorobeikov 1998b). Para obtenção de biofertilizantes com valor agronómico, necessariamente há que ter em conta certos aspectos, cuja não observância pode por em descrédito o uso e a eficiência destes:

- Selecção de estames (linhagens) de alta eficiência de fixação do nitrogénio e outras características supraditas;
- as particularidades climático-pedológicas e actividade antropogénica na região onde se pretende utilizar (Aquarone et al 1975 , Vorobeikov 1998b).
- entre os microorganismos muitas vezes se estabelecem relações metabólicas: Certas bactérias são antagonicas entre si, outras vivem em reciprocidade fornecendo estímulos ao seu convívio que incentivam a sua multiplicação.

Para inocular sementes, tubérculos, ou caules, muita atenção suscitam as condições adequadas para a interacção entre a bactéria e a planta. As espécies introduzidas embora activas em fixação do nitrogénio podem não serem capazes de concorrer com as espécies indígenas pela sua fraca infeciosidade às plantas. É perspectivo a conjugação de diversas bactérias activas na fixação do nitrogénio com outras que podem produzir substâncias fisiologicamente necessárias a planta como vitaminas, hormonas e agentes anti patogénicos. Portanto este método pode ser complementado pela aplicação de nutrientes como o fósforo, o potássio e outros macro e micro nutrientes em défice. E proporcionam uma intensa actividade das bactérias do solo. As plantas tornam-se mais eficientes.

Uma determinada cultura só pode dar o máximo rendimento se encontrar no terreno todos os nutrientes em proporções necessárias, e por sua vez produzirá suficientes produtos através da fotossíntese. Cujas excreções são utilizadas pelas bactérias como fonte de energia. Uma humidade óptima do solo, positivamente afecta a sobrevivência da bactéria. Não menos importante é a acidez do meio quer para a planta como para a bactéria. A calagem normaliza a reacção do solo e inibe a movimentação das substâncias tóxicas e crescimento da microflora patogénica. A eficiência destes pode ser incrementada com a aplicação de outros nutrientes cujas quantidades no solo sejam insuficientes.

Deste modo algumas condições essenciais ajustam-se a utilização de biofertilizantes. Estas



considerações atestam que o uso de bactérias reduz a utilização de adubos minerais de nitrogénio sem no entanto diminuir a produtividade das culturas. Incentiva a formação da substância orgânica necessária para o húmus pois cria condições para a multiplicação da microflora benéfica. Por outro lado a redução de perdas de nitrogénio para o meio proporciona o equilíbrio nos ecossistemas (Vieira & Álvarez 2012 p.22). Por conséguente é de referir que se torna necessário a obtenção e selecção de espécies vegetais eficientes na fotossíntese para uma eficaz interacção com os fixadores de nitrogénio.

As pesquisas sobre os mistérios da FBN devem incrementar-se. Por conseguinte a inoculação antes da sementeira deve ser um método obrigatório também nos cultivos angolanos. Para tal, pressupõe - se investigações árduas, entretanto todos os indicadores tanto da revisão bibliográfica feita, como das nossas observações, atestam sobre esta necessidade. Desta maneira é possível criar-se condições para desenvolver a nossa agricultura "num sistema integral" com uma abordagem abiótica, biótica e antropogenica, na qual para além da vertente económica deverá ocorrer uma certa troca de energia e matéria.

Outrossim, é que somente os biofertilizantes na base das bactérias *Rhizobium* e *Bradyrhizobium* fixadoras simbióticas com as leguminosas são utilizados extensamente em muitos países. Não se está aproveitando porém a actividade das fixadoras associativas, nem dos organismos solubilizadores de fósforo ou estimuladores do crescimento e rendimento que tantos benefícios podem proporcionar nas regiões tropicais onde se encontram os países mais necessitados (Vieira & Álvarez 2012 p.20)

#### *Ciclo Biogeoquímico do Nítrogéno*

O nitrogénio é o elemento mais abundante do ar atmosférico. Através de diversos processos que ocorrem na natureza, todos eles com grande dispêndio de energia é incorporado em outras substâncias, tornando-se assim assimilável pelas plantas. Os processos de enriquecimento do planeta em nitrogénio ligado são: a FBN, fixação industrial e natura. As taxas distribuem-se assim: 65% por forma biológica, 25% pelo processo de Haber-Bosch e os restantes 10% através da oxidação do nitrogénio na atmosfera, da irradiação ultravioleta do sol, das queimadas ou incêndios, dos relâmpagos, da combustão interna dos motores e da actividade vulcânica (Vorobeikov 1998a, Vontchik 1989).

A grandeza da circulação do nitrogénio pelo planeta tem enorme importância para agricultura. No solo, anualmente os micróbios fixam cerca de 200 milhões de ton. de nitrogénio e de 30 a 190 milhões nos ecossistemas aquáticos. No solo mais de metade (73%) do nitrogénio é ligado nos ecossistemas agrícolas e campestres. Estas grandezas excedem os 90 milhões de ton. de adubos minerais, produzidos na indústria (Vieira & Álvarez 2012, Vorobeikov 1998a). A energia descreve um círculo unidirecional nos ecossistemas. Ela se vai dissipando para o ambiente nos ecossistemas pela respiração a medida que passa de um nível trófico à outro, portanto não há um ciclo de energia. Ainda assim toda a vida nos ecossistemas, depende por este facto, da energia solar, fixada pelos vegetais clorofilinos. O mesmo já não acontece com os elementos. Alguns deles (bioelementos - C, O, H, N etc.), depois de descreverem um percurso mais ou menos longo integrados nos compostos orgânicos dos seres vivos, retornam ao meio abiótico - ar, solo ou água sob forma mineral.

Deste modo o nitrogénio inicia o seu ciclo, do ar atmosférico sofrendo ligação à outros elementos pelos microorganismos fixadores, "FBN". O nível trófico seguinte é das plantas. Nestas fazem parte de diversas substâncias orgânicas nitrogenadas. Depois quando os resíduos (partes ou

mesmo o organismo completo é decomposto) passa ao nível trófico dos decompositores. Portanto o nitrogénio através do processo de mineralização termina a sua passagem pelo ecossistema. Seguidamente por desnitrificação volta ao ar atmosférico em forma molecular  $N_2$ . A mineralização inclui diversos processos, nomeadamente: a aminização, a amonificação e nitrificação.

A aminização é o processo de conversão das grandes e complexas moléculas nitrogenadas depois de varias transformações em substâncias nitrogenadas mais simples aminoácidos e aminas, A amonificação realizada também por bactérias heterotóficas, com ela ocorre a obtenção da primeira forma de nitrogénio assimilável pela planta. É uma das importantes etapas da circulação do nitrogénio que resulta no enriquecimento do solo em formas absorvíveis. A nitrificação consiste na conversão biológica de formas reduzidas de nitrogénio  $NH_4^+$   $NO_2^-$  à inorgânicas, ocorre no solo e na água. Esta a “nitrificação” é a principal forma de obtenção de nitratos na natureza e desempenha um papel preponderante na circulação do nitrogénio na biosfera.

A existência dos ecossistemas está dependente da energia que entra no mundo vivo ao nível dos produtores e que depois se transfere de nível trófico a nível trófico, tornando-se em cada novo nível menor. Por outro lado a transferência dos elementos incorporados nas substâncias orgânicas de um nível à outro num ecossistema, não só se faz acompanhar de energia como permite aos organismos vivos a renovação das substâncias de que necessitam. Para a reciclagem destes elementos é fundamental a actividade dos microorganismos. A alternância entre componentes biológicos e o meio abiótico do grande ciclo de nitrogénio que mantém o ecossistema, chama-se ciclo *biogeoquímico*. Por conseguinte é relevante encarar a agricultura como um sistema com duas componentes uma ecológica e outra económica.

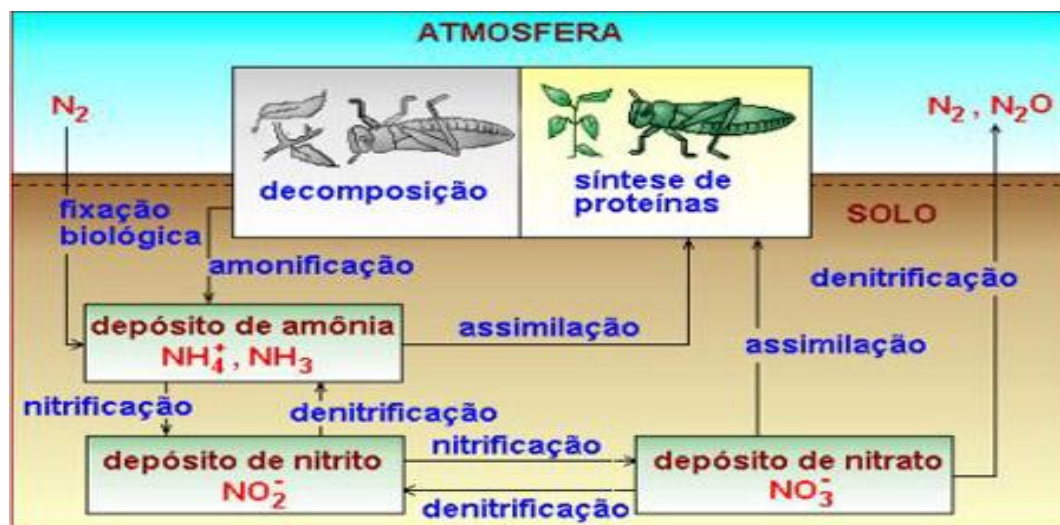


Fig. 1. O ciclo biogeoquímico do nitrogénio.

(Adaptado de [http://www.sobiologia.com.br/conteudos/bio\\_ecologia/ecologia26\\_1.php](http://www.sobiologia.com.br/conteudos/bio_ecologia/ecologia26_1.php))

## CONCLUSÕES

As bactérias da rizosfera fornecem às plantas nitrogénio assimilável, nutrientes e, outras substâncias fisiologicamente activas, entre hormonas e promotores de crescimento e estimuladores do rendimento. Quer dizer, a fixação biológica do nitrogénio é um processo

económico - ecológico. Ela inclui todos os recursos orgânicos necessários para o desenvolvimento da planta que são transformados pelos microorganismos. A inoculação de sementes antes da sementeira deve ser um método obrigatório também nos cultivos angolanos. A grandeza da circulação do nitrogénio pelo planeta tem enorme importância para agricultura. No solo mais de metade (73%) do nitrogénio é ligado nos ecossistemas agrícolas e campestres. Estas grandezas excedem os 90 milhões de ton. de adubos minerais, produzidos na indústria. Por conseguinte o uso adequado de biofertilizantes pode ser uma alternativa para agricultura nacional. Face às limitações e efeitos ambíguos dos adubos artificiais: boas colheitas, mas muitas vezes de baixa qualidade e valor nutritivo, e caras como produto final. Os inoculantes microbianos podem considerar-se como biotecnologias apropriadas, pois contribuem ao desenvolvimento sustentável. Por ser factível dentro do nível científico técnico de nosso país e que proveêm benefícios tangíveis aos destinatários, são seguros para o ambiente assim como socioeconomicos e até podem ser culturalmente aceitáveis.

A observação feita foi directa por:

1. Questões éticas.
2. Falta de alguns dados:
  - I. Variedade das espécies em questão;
  - II. Quantidades de sementes lançadas à terra e a sua correlação quanto ao outro componente da mistura;
  - III. Quantidade de sementes que germinaram;
  - IV. Dados relativos a produtividade - por ex: influência da humidade do solo; biomassa formada (massa verde bem como o grão).

Entretanto, como resultado das nossas observações, nesta Pesquisa Exploratória Descritiva, pudemos constatar que as plantas observadas registam um crescimento regular e sincrónico. Quer dizer não denotam atraso em nenhuma das culturas, ambas milho e feijão. Desenvolveram os seus órgãos vegetativos regulares: caule, arcos de folhagem, e órgãos reprodutivos (flores, posteriormente favas no feijão e bandeira/espigas no milho). A pesquisa é qualitativa porque descreve apenas os aspectos a estudar.

#### REFERÊNCIAS

- Aquarone, E., Borzani, W., Lima, U., de Almeida. (1975). Tópicos de Microbiologia Industrial. Brasil: Universidade de S. Paulo.
- Dias da Silva, A., Gramaxo, F., Santos, M., E., Mesquita J., Cruz, O. (1987). O homem na biosfera. Porto.
- Dobereiner, J. (1989). Conferência Março.
- [http://www.sobiologia.com.br/conteudos/bio\\_ecologia/ecologia26\\_1.php](http://www.sobiologia.com.br/conteudos/bio_ecologia/ecologia26_1.php)
- Ivontchik, P. (1989) Agricultura da África Tropical. Moscovo: Mir
- Marino, M., Munarini, M., & Cara Pierlugi. (1991). Agricultura geral. Cooperazione allo Sviluppo: Italy.
- Pelczar, Jr., Michael, Joseph. (2011). Microbiologia: Aplicações e conceitos. V12; 2 ed. E.S.C. Chan, Noel, R. Krieg. Trad.: Sueli Fumie Yamada, Tânia Ueda Nakamura, Teresa Cristina R.M. et al. Brasil: Pearson Editora.
- Tretiakov, N., Iagodin, B., Tulikov, A. (1998). Osnovy Agronomii. Moskva: Academia.
- Varennes, Amarilis. (2003). Produtividade dos Solos e Ambiente. Porto: Escolar Editora.
- Vorobeikov, G., A. (1998a). Biologizatsiia Zemledelii. S. Peterburg: Almaz.
- Vorobeikov, G., A. (1998b). Mikroorganizmy v zashlite rastenii. S. Peterburg: Almaz.

